

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_

学 号: 31520111153210

UDC \_\_\_\_\_

廈門大學

硕 士 学 位 论 文

基于 GPU 的图像检索与重建技术研究

Research on Image Retrieval and Reconstruction

Technology Based on GPU

赵中兴

指导教师姓名: 周 昌 乐 教授

专 业 名 称: 计 算 机 技 术

论文提交日期: 2014 年 4 月

论文答辩时间: 2014 年 月

学位授予日期: 2014 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2014 年 月



# 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日



# 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（        ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于        年        月        日解密，解密后适用上述授权。

（        ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年        月        日



## 摘 要

随着科技的进步和互联网多媒体等技术的高速发展,图像等数字化信息呈现出了爆炸性的增长,数字图像已经成为一种重要的信息载体与表现形式,它被普遍应用于学术、航天、医疗等领域。如何对这些图像数据进行合理的检索和存储成为急需解决的热点问题,图像检索和重建技术成为处理这些图像数据的关键技术。面对如此爆炸式增长的图像数据,对传统的图像处理技术提出了新的要求,因此,研究和开发高效、实用的图像检索和重建技术用来处理如此之多的图像数据成为一项重要的研究课题。

目前,为了提高计算效率,多核处理器已经成为很多计算设备的标配,随着科技的发展,显卡中图形处理单元(GPU)的处理能力也在不断增强,GPU 常用来对那些数据量大、计算复杂的数据进行处理。基于 GPU 的统一计算设备架构(CUDA)的提出,为计算密集型、可并行程度高的算法提供了一个高效快速的计算平台,并在生物医学、航空航天、金融模型等方面都取得了不错的加速效果。因此,对于图像的处理,设计一种基于 CUDA 的并行高效的检索和重建技术具有重要的研究价值。

本文从对传统的图像检索技术进行分析的基础上入手,结合经常用于图像压缩和重建的矢量量化(LBG)算法,探讨了通过对图像进行颜色特征提取、分割、量化编码等步骤,使图像重建后的效果得到明显改善。而且对编码后的图像进行特征提取形成特征向量,通过运用综合的检索模型,从而能够有效的计算图像之间的相似度,提高了检索算法的准确率。并且还对算法中的可并行执行部分进行了深入研究,通过结合 CUDA 架构与显卡硬件的可编程性,使算法能在 GPU 上并行执行,提高了算法的执行效率。

**关键词:** 矢量量化; CUDA; 特征向量

厦门大学博硕士论文摘要库



## Abstract

With the progress of science and technology, and the rapid development of internet and multimedia technology, the explosive growth trend of images and other digital information have been presented, digital images have become the important information carrier and expression form of information. How to retrieval and store these huge amounts of image data effective has become a hot issue which need to be solved urgently. Therefore, research and development of high efficient and practical image retrieval and reconstruction techniques to deal with these massive image data have become an important research theme.

At present, in order to improve the computing efficiency many computing devices are equipped with multi-core processors, with the processing capability of Graphic Processing Unit (GPU) strengthen constantly, Compute Unified Device Architecture (CUDA) was proposed based on GPU, providing a rapid and efficient computing platform for the algorithms of compute-intensive and highly parallel, achieved good acceleration effect in the field of biomedical, aerospace, financial models, etc. Therefore, with the processing of image to design a parallel efficient retrieval and reconstruction technique based on CUDA has important research value.

In this paper, on the basis of analysis the traditional image retrieval techniques, combined with vector quantization algorithm (LBG) which often used to image compression and reconstruction, discussed the steps of image color feature extraction, segmentation, coding quantization, the quality of reconstructed image is improved. Through forming the feature vectors by extract the feature of encoded image, and calculate the similarity between the images effectively by using integrated retrieval model, improve the accuracy of retrieval algorithm. And also focus on how to fully exploit the parallelism of algorithm, make it can be executed in parallel on the GPU through use the programmable characteristic of CUDA and graphics hardware, the executive efficiency of algorithm was improved.

**Keywords:** vector quantization; CUDA; feature vector

厦门大学博硕士论文摘要库

# 目 录

摘 要.....	I
Abstract.....	III
目 录.....	V
Contents .....	VII
第一章 绪论 .....	1
1.1 研究背景及意义 .....	1
1.2 研究现状 .....	2
1.2.1 图像检索技术.....	2
1.2.2 图像压缩与重建技术.....	4
1.3 本文主要研究内容 .....	5
1.4 本文结构安排.....	6
第二章 图像检索与重建技术概述.....	7
2.1 引言 .....	7
2.2 图像检索技术 .....	7
2.2.1 基于文本的图像检索技术.....	7
2.2.2 基于内容的图像检索技术.....	8
2.2.3 图像相似性计算.....	10
2.2.4 检索技术的应用现状.....	11
2.3 图像压缩与重建技术 .....	14
2.3.1 基本原理.....	14
2.3.2 图像压缩评价方法.....	15
2.4 本章小结 .....	17
第三章 GPU 并行计算.....	19
3.1 通用 GPU 计算模型.....	21
3.1.1 编程模式.....	21
3.1.2 线程层次结构.....	22

3.1.3 主机和设备.....	23
3.1.4 软件栈.....	25
3.2 存储器组织.....	26
3.3 GPU 并行计算过程 .....	29
3.4 CUDA 优化策略 .....	30
3.5 本章小结 .....	32
第四章 算法在 GPU 上执行 .....	33
4.1 简介.....	33
4.2 矢量量化算法 LBG .....	34
4.2.1 CUDA-LBG 框架 .....	34
4.2.2 LBG 算法分析.....	36
4.2.3 图像压缩与重建的并行实现步骤.....	37
4.3 基于颜色和关键子块的图像检索 .....	38
4.3.1 关键子块混合模型.....	39
4.3.2 颜色特征提取.....	43
4.4 CPU 与 GPU 异构并行.....	43
4.5 本章小结.....	44
第五章 实验与分析 .....	45
5.1 实验设置 .....	45
5.2 图像压缩重建性能评估.....	45
5.3 图像检索效果分析.....	47
5.4 本章小结 .....	49
第六章 总结和展望 .....	51
6.1 本文工作总结 .....	51
6.2 未来工作展望 .....	51
参考文献 .....	53
附录 攻读硕士学位期间发表的论文 .....	59
致 谢.....	61

## Contents

<b>Abstract in Chinese.....</b>	<b>I</b>
<b>Abstract in English .....</b>	<b>III</b>
<b>Chapter 1 Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Background and significance .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Research Status .....</b>	<b>2</b>
1.2.1 Image Retrieval .....	2
1.2.2 Image Compression and Reconstruction .....	4
<b>1.3 Main Research Contents .....</b>	<b>5</b>
<b>1.4 Outline.....</b>	<b>6</b>
<b>Chapter 2 Image Retrieval and Reconstruction .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 Introduction.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2 Image Retrieval .....</b>	<b>7</b>
2.2.1 Text-Based Image Retrieval.....	7
2.2.2 Content-Based Image Retrieval .....	8
2.2.3 Image Similarity Calculation .....	10
2.2.4 Image Retrieval Application Status .....	11
<b>2.3 Image Compression and Reconstruction .....</b>	<b>14</b>
2.3.1 Basic Principle .....	14
2.3.2 Image Compression Evaluation Method.....	15
<b>2.4 Chapter Summary .....</b>	<b>17</b>
<b>Chapter 3 Parallel Computing with GPU .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1 GPU Calculation Model .....</b>	<b>21</b>
3.1.1 Programming Pattern .....	21
3.1.2 Thread Hierarchy .....	22
3.1.3 Host and Device.....	23
3.1.4 Software Stack .....	25
<b>3.2 Memory Organization .....</b>	<b>26</b>

3.3 GPU Parallel Computing Process.....	29
3.4 CUDA Optimization Strategy .....	30
3.5 Chapter Summary .....	32
<b>Chapter 4 The Implementation of Algorithm on GPU .....</b>	<b>33</b>
4.1 Brief Introduction .....	33
4.2 Vector Quantization LBG Algorithm .....	34
4.2.1 CUDA-LBG Framework .....	34
4.2.2 LBG Algorithm Analysis .....	36
4.2.3 The Parallel Implementation Step.....	37
4.3 Image Retrieval Based on Color and Codeword.....	38
4.3.1 Codeword Hybrid Model .....	39
4.3.2 Color Feature Extraction.....	43
4.4 CPU and GPU Heterogeneous Parallel.....	43
4.5 Chapter Summary .....	44
<b>Chapter 5 Experiment and Analysis .....</b>	<b>45</b>
5.1 Experiment Setting .....	45
5.2 Image Compression Performance Evaluation.....	45
5.3 Image Retrieval Effect Analysis.....	47
5.4 Chapter Summary .....	49
<b>Chapter 6 Conclusion and Prospect.....</b>	<b>51</b>
6.1 Conclusion .....	51
6.2 Prospect.....	51
<b>6.2 Prospect.....</b>	<b>53</b>
<b>Appendix Published Papers .....</b>	<b>59</b>
<b>Acknowledgements .....</b>	<b>61</b>

## 第一章 绪论

### 1.1 研究背景及意义

计算机的发展带来了信息科技革命,人类社会进入了高度发达的信息化社会,每天的数据信息都在不断增长,伴随着网络、通信、航空航天、医疗等科技的全面发展,人们被越来越多的多媒体信息所包围,其中数字图像信息由于其具有生动而直观的表现方式,在众多多媒体信息中应用颇为广泛,成为了存储信息的主要方式。在科技发展的今天,面对这些海量的多媒体信息,人们需要开发很多应用系统来对这些信息进行检索、传输和存储。因其数据量的庞大,所以研发一种快速有效的信息数据处理方法是非常有必要的。

近年来,随着计算机显卡硬件技术的不断成熟,其中所包含的图形处理单元(Graphic Processing Unit, GPU)的性能指标每年也在不断的创新翻倍,目前已经远远超过了按照摩尔定律进行发展的 CPU 的发展速度。随着硬件发展的支持,使得 GPU 具有了强大的并行计算能力,能处理很多复杂的数据计算问题,并且在其上进行编程也变得越发简易。

随着 GPU 的功能越来越强大,为了能使其除了应用在计算机的显示方面,还能应用与更多的计算领域,NVIDIA 公司在 2007 年提出了统一计算设备架构(Compute Unified Device Architecture, CUDA)运算平台,使得 GPU 对那些计算繁琐,且并行性强的问题处理能力进一步增强,同时它还提供了 C 语言的扩展版本 CUDA-C 作为标准语言供程序员开发系统时使用。因为 C 语言具有广泛的应用基础,所以很多支持 CUDA 的 GPU 都可以运行用扩展的 C 版本编写的程序。

在目前这个计算机性能飞速发展的时代,像 CPU、GPU 这样的核心处理器,可以将两者相结合,能充分发挥其各自的特性,形成一种异构运行的计算系统,这样计算机的性能、通用性就可以得到很大的拓展。对于 CPU 来说,它对那些串行连续的数值计算具有很强的处理能力,再加上其具有通用计算的特性,扩大了此系统的应用范围。而对于 GPU 来说,它所处理的是大量可并行执行的计算问题,这样可以节省大量的系统运行时间,提高了系统的性能。

近年来,人们非常希望能从海量的数据中快速有效的寻找到相关的信息,这

就使得信息检索技术得到了迅猛的发展,很多商用的搜索引擎也取得了巨大成功。事实上,对文本的检索技术已经很成熟了,而对于检索图像来说其仍处于探索时期。当前已是数字化信息时代,网络中的图像数量每年都在成倍的增长,所以,用户怎样准确、快速的在如此之多的图像数据库中寻找目标图像,近年来成为了一个具有重要意义的研究课题。

伴随着科技的发展,成像设备在人们手中越来越普及,而且像素还在不断的提高,所以图像数据除了在数量上增多,图像的大小也正逐渐变大。这对目前的存储技术和网络通信能力提出了严峻的挑战,虽然在硬件方面大家都在不断扩容、增加网络线路,但这也难以承受海量图像数据所带来的压力。因此,为了满足用户的要求,并尽量减少增加硬件设施所需要的费用,这时应将精力集中到研究高效实用的图像压缩重建算法上去,以使得存储图像的占用空间减少和传输速度的提升,所以研究图像的压缩和重建技术是很长时间以来具有重要意义的课题。

因为 GPU 最初是显卡上的处理器,用于对图像进行加工渲染,所以在内存带宽和数据吞吐量方面都比 CPU 有优势,而且其具有较少的制作成本和较低的功率消耗。随着近几年 GPU 的不断发展,其并行处理海量数据的能力以及 CUDA 推出使得在其上进行编程的困难逐步降低,这些都使它吸引了大批科研人员的关注,并且在市场上得到了推广。GPU 成为了一个新的研究平台,未来将会应用于更多的高性能计算领域。因此,在 GPU 并行计算平台上研究图像的检索和重建问题,有利于推动图像处理相关领域的发展,具有深远的研究意义。

## 1.2 研究现状

图像检索和重建技术,是图像处理领域两种不可或缺的技术,它们的存在使得人们对于图像数据的获取和传输变得简单可行。在这一节中,简单介绍了两种技术的研究开发的过程和现状。

### 1.2.1 图像检索技术

20 世纪 70 年代,研究者们以当时比较成熟的文本检索<sup>[2,3]</sup>技术为基础,提出了基于文本的图像检索技术(Text-Based Image Retrieval, TBIR)。它的基本原理是,通过用一些文字对图像进行人为的标注,例如图像的名字、拍摄图像的地点、图像中的物体等,之后再以这些标注图像的关键性文字为线索对图像进行检



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库